

PROCEDE DE LOCALISATION D'UN OU DE PLUSIEURS EMETTEURS

L'invention concerne un procédé de localisation d'un ou de plusieurs émetteurs.

- 5 Il s'applique notamment à la localisation d'émetteurs au sol à partir d'un engin mobile sans avoir de connaissance a priori sur les signaux émis.

Le domaine technique est notamment celui de la localisation passive d'émetteurs.

- 10 La figure 1 illustre une localisation aéroportée. L'émetteur est à la position (x_0, y_0, z_0) . Le porteur à l'instant t_k est à la position (x_k, y_k, z_k) et voit l'émetteur sous l'incidence $(\theta(t_k, x_0, y_0, z_0), \Delta(t_k, x_0, y_0, z_0))$. Les angles $\theta(t, x_0, y_0, z_0)$ et $\Delta(t, x_0, y_0, z_0)$ évoluent au cours du temps et dépendent de la position de l'émetteur ainsi que de la trajectoire du porteur.

- 15 Les angles $\theta(t, x_0, y_0, z_0)$ et $\Delta(t, x_0, y_0, z_0)$ sont repérés par rapport à un réseau de N antennes pouvant être fixé sous le porteur comme le montre la figure 2.

- Il existe actuellement plusieurs techniques permettant de déterminer la position (x_m, y_m, z_m) d'un émetteur. Ces techniques de localisation diffèrent notamment par les paramètres qui sont estimés en instantanée au niveau du réseau des capteurs. Elles peuvent être classées de la manière suivante:

Utilisation de la goniométrie,

- Ces techniques sont connues et utilisées dans l'art antérieur.
- 25 Dans la plupart des cas, elles sont basées sur une goniométrie 1D en azimut. Les azimuts $\theta_{km} = \theta(t_k, x_m, y_m, z_m)$ associés au $m^{\text{ième}}$ émetteur sont mesurés pour différents instants t_k . En utilisant la position (x_k, y_k, z_k) du porteur à l'instant correspondant k , une position (x_{mk}, y_{mk}, z_{mk}) de l'émetteur m est estimée par une intersection sol. La position (x_k, y_k, z_k) du porteur est donnée
- 30 par un GPS, son orientation est obtenue par un compas dans le cas d'un porteur terrestre et par une centrale de navigation dans le cas d'un aéronef. A partir de toutes les positions (x_{mk}, y_{mk}, z_{mk}) , la méthode effectue une

2

extraction de données permettant de déterminer les M positions dominantes (x_m, y_m, z_m) des émetteurs incidents. La localisation est obtenue par triangulation ou par intersection sol (goniométrie 2D). L'inconvénient des techniques de triangulation est qu'elles nécessitent un défilement important.

- 5 D'autre part, les techniques de goniométrie doivent utiliser un réseau de capteurs non ambiguë pour fournir les incidences. Ceci a pour inconvénient de nécessiter une table de calibration et de limiter la taille du réseau de capteurs et par conséquent de fournir des incidences limitées en précision.

Utilisation de la différence de phase entre 2 capteurs éloignés,

- 10 La différence de phase $\Delta\phi(t_k, x_0, y_0, z_0)$ entre capteurs dépend de la positions des 2 capteurs ainsi que de l'incidence $(\theta(t_k, x_0, y_0, z_0), \Delta(t_k, x_0, y_0, z_0))$ de l'émetteur. Cette phase qui dépend du temps est directement liée à la position (x_0, y_0, z_0) de l'émetteur. En conséquence, en étudiant la fonction du temps $\Delta\phi(t, x_0, y_0, z_0)$ il est possible d'en déduire la position (x_0, y_0, z_0) de
- 15 l'émetteur. Dans cette famille d'application les 2 capteurs sont éloignés pour augmenter la précision de la mesure de la phase. Ceci a pour inconvénient de faire varier la différence de phase $\Delta\phi(t, x_0, y_0, z_0)$ en fonction du temps sur plus de 2π et la technique nécessite alors une étape permettant de dérouler la phase sur plus de 2π . D'autre part dans cette technique la phase est
- 20 mesurée en effectuant directement une intercorrélation entre 2 capteurs ce qui ne permet pas de traiter le cas multi-émetteurs.

Utilisation de la mesure de la fréquence porteuse de l'émetteur,

- Ces techniques exploitent le fait que la fréquence porteuse estimée est la somme de la fréquence porteuse de l'émetteur et du décalage
- 25 doppler du à la vitesse de déplacement du porteur. Le décalage doppler a l'avantage de dépendre de la position (x_0, y_0, z_0) de l'émetteur et d'être aussi une fonction du temps $\Delta f(t, x_0, y_0, z_0)$. En conséquence en étudiant la fonction du temps $\Delta f(t, x_0, y_0, z_0)$ il est possible d'en déduire la position (x_0, y_0, z_0) de l'émetteur. La mesure de ce décalage doppler présente toutefois comme
- 30 inconvénient de nécessiter des émetteurs ayant des formes d'ondes

3

particulières. Cette mesure de fréquence peut se faire par des techniques cycliques supposant que le signal émis est non circulaire.

Utilisation des temps de propagation,

Ces techniques exploitent les différences de temps de propagation
5 entre aériens (TDOA ou Time difference of arrival) qui sont directement liées aux distances respectives de l'émetteur aux différents aériens et donc à la position (x_0, y_0, z_0) de l'émetteur. En utilisant au moins trois aériens suffisamment espacés, il est possible de déduire la position (x_0, y_0, z_0) de l'émetteur par localisation hyperbolique. L'inconvénient de ces techniques est
10 qu'elles ne peuvent être mises en œuvre en contexte mono porteur en raison des espacements considérables requis entre aériens. D'autre part dans ces techniques, la différence de temps est mesurée en effectuant directement une intercorrélation entre 2 capteurs, ce qui ne permet pas de traiter le cas multi-émetteurs.

15

Le procédé selon l'invention repose notamment sur une nouvelle approche d'estimation directe des positions (x_m, y_m, z_m) de chacun des émetteurs à partir d'une analyse paramétrique du signal multi-voies à divers instants t_k sur une durée Dt . L'analyse paramétrique a notamment
20 pour fonction supplémentaire de séparer les différents émetteurs à chaque instant t_k . On associe ensuite les paramètres d'un même émetteur issus des différents instants t_k pour finalement localiser chacun des émetteurs.

L'invention concerne un procédé de localisation d'une ou de
25 plusieurs sources, la ou lesdites sources étant en mouvement par rapport à un réseau de capteurs, le procédé comportant une étape de séparation des sources afin d'identifier les vecteurs directeurs associés à la réponse des capteurs à une source d'incidence donnée. Il est caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

- 30
- associer les vecteurs directeurs $a_{1m} \dots a_{km}$ du $m^{\text{ième}}$ émetteur obtenus respectivement aux instants $t_1 \dots t_k$,

4

- localiser le $m^{\text{ième}}$ émetteur à partir des vecteurs $a_{1m} \dots a_{km}$ associés.

Le procédé selon l'invention présente notamment les avantages suivants :

- 5 • il permet de localiser en plus de la position en (x, y, z) d'un émetteur son vecteur vitesse,
- il s'applique lorsque l'on est en présence de un ou plusieurs émetteurs incidents,
- sa mise en oeuvre ne nécessite pas de connaissances particulières sur le
10 signal émis,
- il permet d'utiliser un réseau de capteurs ambiguë c'est-à-dire plusieurs incidences sont associées à la même réponse du réseau qui ont l'avantage d'être grand et ainsi d'être plus robuste aux phénomènes de couplage entre aériens ou plus généralement aux erreurs de modélisation
15 du réseau d'aériens,
- il peut être mis en oeuvre sur des réseaux calibrés en (θ, Δ) .
- il peut être mis en oeuvre sur des réseaux à antennes à diversités d'amplitude comme les antennes colocalisées : réseau avec des dipôles de même centre de phase et ayant des orientations différentes.

20

D'autres caractéristiques et avantages de l'objet de la présente invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit donnée à titre illustratif et nullement limitatif à la lecture des figures annexées qui représentent :

- 25 • la figure 1 le schéma de principe de la localisation d'un émetteur de position au sol au moyen d'un aéronef,
- la figure 2 la relation entre un réseau d'antennes et l'incidence d'un émetteur,
- la figure 3 un schéma général expliquant le fonctionnement du procédé
30 selon l'invention,

5

- les figures 4, 5 et 6 des exemples de mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

Afin de mieux faire comprendre l'objet de la présente invention, la description qui suit est donnée à titre illustratif et nullement limitatif pour localiser plusieurs émetteurs disposés au sol au moyen d'un réseau de capteurs équipant un aéronef en mouvement. Un tel système est par exemple décrit à la figure 1. L'aéronef est équipé d'un processeur adapté à mettre en oeuvre les étapes du procédé selon l'invention.

Le procédé peut aussi être mis en oeuvre dans le cadre de véhicule en mouvement au sol.

La figure 3 représente, dans un diagramme temps-amplitude du signal, le signal $x(t)$ composé d'une combinaison des signaux des émetteurs à différents instants t_1, t_2, \dots, t_k . Sur cette figure les différentes étapes mises en oeuvre à savoir la séparation des émetteurs SE et l'estimation paramétrique EP, l'association des paramètres de chaque émetteur, la localisation d'un émetteur sont résumées.

En présence de M émetteurs, le procédé dispose, à l'instant t en sortie des N capteurs du réseau, du vecteur $x(t)$ représentatif du mélange des signaux des M émetteurs. Autour de l'instant t_k , le vecteur $x(t+t_k)$ de dimension $N \times 1$, représentant le mélange des signaux des M émetteurs, s'exprime de la manière suivante :

$$x(t+t_k) = \sum_{m=1}^M a(\theta_{km}, \Delta_{km}) s_m(t+t_k) + b(t+t_k) = A_k s(t+t_k) + b(t+t_k) \quad \text{pour } |t| < \Delta t/2 \quad (1)$$

où $b(t)$ est le vecteur bruit supposé gaussien, $a(\theta, \Delta)$ est la réponse du réseau de capteurs à une source d'incidence (θ, Δ) , $A_k = [a(\theta_{k1}, \Delta_{k1}) \dots a(\theta_{kM}, \Delta_{kM})]$, $s(t) = [s_1(t) \dots s_M(t)]^T$, $\theta_{km} = \theta(t_k, x_m, y_m, z_m)$ et $\Delta_{km} = \Delta(t_k, x_m, y_m, z_m)$. Dans ce modèle la matrice A_k de mélange dépend de l'instant t_k d'observation.

Le vecteur directeur de l'incidence correspondant au $m^{\text{ième}}$ émetteur à l'instant t_k .

6

$$\mathbf{a}_{km} = \mathbf{a}(\theta_{km}, \Delta_{km}) = \mathbf{a}(t_k, x_m, y_m, z_m) \text{ du } m^{\text{ième}} \text{ émetteur} \quad (2)$$

est une fonction connue de t_k et de la position de l'émetteur (x_m, y_m, z_m) .

Le procédé selon l'invention comporte au moins les étapes suivantes :

- 5 1. estimer un ou plusieurs paramètres associés à la position de la source, par exemple les vecteurs directeurs, les incidences, la position, etc. et séparer les M émetteurs pour les différents instants t_k , ce qui consiste à identifier les vecteurs directeurs d'incidence \mathbf{a}_{km} pour $(1 \leq m \leq M)$. Cette première étape est par exemple effectuée par des techniques de
- 10 séparation de sources connues de l'Homme du métier,
2. associer les paramètres estimés pour le $m^{\text{ième}}$ émetteur, par exemple en associant les différents vecteurs directeurs d'incidences, $\mathbf{a}_{1m} \dots \mathbf{a}_{km}$ obtenus respectivement aux instants t_1, \dots, t_k ,
3. localiser le $m^{\text{ième}}$ émetteur à partir des vecteurs associés.

15 Etape d'association

En présence de M émetteurs et après séparation de sources, le procédé possède à l'instant t_k les M signatures \mathbf{a}_{km} pour $(1 \leq m \leq M)$. A l'instant t_{k+1} la séparation de source donne les M vecteurs \mathbf{b}_i pour $(1 \leq i \leq M)$. L'objectif de ce suivi est de déterminer pour le $m^{\text{ième}}$ émetteur, l'indice $i(m)$ qui

20 minimise l'écart entre \mathbf{a}_{km} et $\mathbf{b}_{i(m)}$. Dans ce cas on en déduira que $\mathbf{a}_{k+1, m} = \mathbf{b}_{i(m)}$. Pour effectuer cette association on définit par exemple la distance entre deux vecteurs \mathbf{u} et \mathbf{v} par :

$$d(\mathbf{u}, \mathbf{v}) = 1 - \frac{|\mathbf{u}^H \mathbf{v}|^2}{(\mathbf{u}^H \mathbf{u})(\mathbf{v}^H \mathbf{v})} \quad (3)$$

Où \mathbf{u}^H est le transposé conjugué du vecteur \mathbf{u} .

Dans ces conditions l'indice $i(m)$ vérifie :

$$d(\mathbf{a}_{km}, \mathbf{b}_{i(m)}) = \min_{1 \leq i \leq M} [d(\mathbf{a}_{km}, \mathbf{b}_i)] \quad (4)$$

donc

$$d(\mathbf{a}_{km}, \mathbf{b}_{i(m)}) = \min_{1 \leq i \leq M} \left[1 - \frac{|\mathbf{a}_{km}^H \mathbf{b}_{i(m)}|^2}{(\mathbf{a}_{km}^H \mathbf{a}_{km})(\mathbf{b}_{i(m)}^H \mathbf{b}_{i(m)})} \right]$$

Dans cette association on considère une fonction β_m associée au $m^{\text{ième}}$ émetteur:

$$\beta_m(t_k) = d(\mathbf{a}_{km}, \mathbf{a}_{0m}) \quad (5)$$

- 5 Au fil de l'association on obtient pour chaque émetteur m et pour $1 \leq m \leq M$, la fonction $\beta_m(t)$. Cette fonction a notamment pour objectif d'éliminer les instants t_k dont la valeur $\beta_m(t_k)$ paraît trop éloignée d'une interpolation de la fonction $\beta_m(t)$, c'est-à-dire que l'on élimine les instants aberrants qui peuvent être associés à d'autres émetteurs. On définit une zone de tolérance $\pm \Delta$ autour
- 10 de la courbe définie par la fonction $\beta_m(t_k)$. Cette zone de tolérance dépendra de la précision d'estimation des vecteurs directeurs \mathbf{a}_{km} . En particulier en présence de $M=1$ source la zone sera de l'ordre de $\Delta = 3/\sqrt{B\Delta t}$ (où Δt est le temps élémentaire d'estimation paramétrique illustré fig.3 et B est la bande instantanée du signal $\mathbf{x}(t)$).

- 15 Les étapes de cette association pour K instants t_k sont par exemple les suivantes :

Etape ASE – 1 : Initialisation du processus à $k=2$. Le nombre M d'émetteurs initial est par exemple déterminé par un test de détection du nombre de sources à l'instant t_0 connu de l'Homme du métier,

- 20 **Etape ASE – 2 :** Pour $1 \leq m \leq M$ détermination des indices $i(m)$ en appliquant l'équation (4) et en utilisant le vecteur $\mathbf{a}_{k,m}$ avec $1 \leq m \leq M$ et les vecteurs \mathbf{b}_i identifiés à l'instant t_{k+1} pour $(1 \leq i \leq M)$,

Etape ASE – 3 : Pour $1 \leq m \leq M$ effectuer l'opération $\mathbf{a}_{k+1,m} = \mathbf{b}_{i(m)}$,

Etape ASE – 4 : Incrémentation $k \leftarrow k+1$ et si $k < K$ retour à l'étape ASE-1,

- 25 **Etape ASE – 5 :** A partir de la famille d'instants $\Phi = \{ t_1 < \dots < t_K \}$, éliminer les l instants $t_l \in \Phi$ tel que les coefficients $\beta_m(t_l)$ n'appartiennent pas à la zone délimitée par la courbe d'interpolation des $\beta_m(t_k)$ et la zone de tolérance Δ .

8

On éliminera aussi les instants t_k où $|\beta_m(t_k) - \beta_m(t_{k-1})| < \Delta$. Après ce tri la nouvelle famille d'instants est $\Phi = \{t_1 < \dots < t_l\}$ et on pose $K=l$.

A la fin de ces étapes, le procédé a déterminé les vecteurs a_{1m} a_{Km} associés au $m^{\text{ième}}$ émetteur.

5 Localisation d'un émetteur

Le procédé détermine la position du $m^{\text{ième}}$ émetteur à partir des composantes des vecteurs a_{1m} jusqu'à a_{Km} . Ces vecteurs a_{km} ont la particularité de dépendre de l'instant t_k et surtout de la position (x_m, y_m, z_m) de l'émetteur. En particulier pour un réseau composé de $N=2$ capteurs espacés d'une distance de d dans l'axe du porteur le vecteur vérifie a_{km} :

$$a_{km} = \begin{bmatrix} 1 \\ \exp\left(j2\pi \frac{d}{\lambda} \cos(\theta(t_k, x_m, y_m, z_m)) \cos(\Delta(t_k, x_m, y_m, z_m))\right) \end{bmatrix} = a(t_k, x_m, y_m, z_m) \quad (6)$$

La valeur 1 de la première composante correspond au capteur de référence. D'après la figure 1, l'incidence $(\theta(t_k, x_m, y_m, z_m), \Delta(t_k, x_m, y_m, z_m))$ peut être directement calculée à partir de la position (x_k, y_k, z_k) du porteur à l'instant t_k et la position (x_m, y_m, z_m) de l'émetteur.

15 Etape de transformation du vecteur

Selon une première variante de réalisation, le procédé comporte une étape de correction des a_{km} , la mesure des vecteurs directeurs a_{km} est généralement obtenue à un facteur complexe près indéterminé. Selon cette première variante, le procédé comporte une étape qui consiste à changer la référence de phase du vecteur directeur mesuré en se ramenant au barycentre de phase (défini à un coefficient scalaire constant près que l'on peut fixer à 1). Cette opération est réalisée, par exemple, en estimant le coefficient de correction déterminé par la transformation suivante des a_{km} en a'_{km} :

$$a'_{km} = \left(\prod_i \frac{a_i}{|a_i|} \right)^{\frac{1}{N}} a_{km} \quad (7)$$

Le coefficient de correction n'est pas totalement déterminé par cette expression compte tenu de l'indétermination d'ordre N de la racine complexe. Un suivi de l'évolution de phase pendant la période d'observation
5 est donc effectué.

Le coefficient complexe étant défini à un facteur près parmi les N racines N^{ième} de l'unité, le suivi de phase consiste à fixer arbitrairement le premier coefficient de correction (en prenant la racine 1 par exemple), puis à déterminer à chaque nouvelle itération k+1, le coefficient qui minimise les
10 écarts de phases moyens entre le vecteur directeur recentré à k+1 et le vecteur recentré à l'instant k.

Le critère de minimisation, pour des mesures à la même fréquence, peut être égal à :

$$\min_{\rho \in \mathbb{R}} \sum_{i \in \text{vols}} \min(\text{mod}(\left| \arg\left(\frac{\rho \cdot a_{k+1}(i)}{a_k(i)} \right) \right|, 2\pi), 2\pi - \text{mod}(\left| \arg\left(\frac{\rho \cdot a_{k+1}(i)}{a_k(i)} \right) \right|, 2\pi)) \quad (8)$$

15

où les a_{k+1} sont les vecteurs directeur recentrés avec le coefficient de correction déterminé arbitrairement par l'une quelconque des racines Nèmes de l'expression. Pour des mesure à des fréquences différences, il est possible de comparer les phases des composantes des deux vecteurs
20 directeurs en les corrigeant d'une puissance donnée par le rapport de ces deux fréquences.

Si l'on considère les vecteurs $b_{km} = a'_{km}$, il est alors possible de comparer cette mesure à la valeur théorique $b(t_k, x_m, y_m, z_m)$ pour laquelle le vecteur directeur théorique $a(t_k, x_m, y_m, z_m)$ est calculé pour une origine
25 considérée au barycentre (géométrique) théorique de phase (lieu géométrique pour lequel la somme théorique des différences de phase

10

s'annule). Ce lieu ne coïncide pas (en général) avec le centre de phase du réseau.

Selon une autre variante de réalisation, le procédé comporte une étape de transformation du vecteur \mathbf{a}_{km} en un vecteur \mathbf{b}_{km} dont les
5 composantes sont formées à partir des composantes du vecteur \mathbf{a}_{km} . En particulier, le procédé construit par exemple le vecteur \mathbf{b}_{km} de dimension $(N-1) \times 1$ en choisissant un capteur de référence en $n=i$:

$$\mathbf{b}_{km} = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_{km}(1) / \mathbf{a}_{km}(i) \\ \vdots \\ \mathbf{a}_{km}(i-1) / \mathbf{a}_{km}(i) \\ \mathbf{a}_{km}(i+1) / \mathbf{a}_{km}(i) \\ \vdots \\ \mathbf{a}_{km}(N) / \mathbf{a}_{km}(i) \end{bmatrix} = \mathbf{b}(t_k, x_m, y_m, z_m) \quad (9)$$

où $\mathbf{a}_{km}(i)$ est la $i^{\text{ème}}$ composante de \mathbf{a}_{km}

Les composantes de \mathbf{b}_{km} correspondent dans ce cas aux rapports des composantes du vecteur \mathbf{a}_{km} et du vecteur $\mathbf{a}_{km}(i)$.

10 Ainsi dans l'exemple de l'équation (6) en fixant $i=1$ on obtient :

$$\mathbf{b}_{km} = \left[\exp \left(j 2 \pi \frac{d}{\lambda} \cos(\theta(t_k, x_m, y_m, z_m)) \cos(\Delta(t_k, x_m, y_m, z_m)) \right) \right] \quad (10)$$

$$= \mathbf{a}_{km}(2) / \mathbf{a}_{km}(1)$$

Sachant que les vecteurs directeurs \mathbf{a}_{km} sont estimés avec une certaine erreur \mathbf{e}_{km} tel que $\mathbf{a}_{km} = \mathbf{a}(t_k, x_m, y_m, z_m) + \mathbf{e}_{km}$, on peut en déduire qu'il en est de même pour le vecteur transformé \mathbf{b}_{km} de (9).

Étape de maximisation d'un critère de corrélation

15 Sachant que le vecteur \mathbf{a}_{km} est une fonction de la position (x_m, y_m, z_m) de l'émetteur il en est de même pour le vecteur \mathbf{b}_{km} . Le procédé comporte une étape de maximisation d'un critère de corrélation vectorielle normalisé $L_K(x, y, z)$ dans l'espace (x, y, z) de position d'un émetteur où

$$L_K(x,y,z) = \frac{|\mathbf{b}_K^H \mathbf{v}_K(x,y,z)|^2}{(\mathbf{b}_K^H \mathbf{b}_K)(\mathbf{v}_K(x,y,z)^H \mathbf{v}_K(x,y,z))} \quad (11)$$

Avec

$$\mathbf{b}_K = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{1m} \\ \vdots \\ \mathbf{b}_{Km} \end{bmatrix} = \mathbf{v}_K(x_m, y_m, z_m) + \mathbf{w}_K, \quad \mathbf{v}_K(x,y,z) = \begin{bmatrix} \mathbf{b}(t_1, x, y, z) \\ \vdots \\ \mathbf{b}(t_K, x, y, z) \end{bmatrix}$$

$$\text{et } \mathbf{w}_K = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{1m} \\ \vdots \\ \mathbf{w}_{Km} \end{bmatrix}$$

Le vecteur bruit \mathbf{w}_K a pour matrice de covariance $\mathbf{R} = E[\mathbf{w}_K \mathbf{w}_K^H]$. En faisant l'hypothèse que la matrice \mathbf{R} est connue, le critère peut être envisagé avec une technique de blanchiment. Dans ces conditions on obtient le critère $L_K'(x,y,z)$ suivant :

$$L_K'(x,y,z) = \frac{|\mathbf{b}_K^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}_K(x,y,z)|^2}{(\mathbf{b}_K^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{b}_K)(\mathbf{v}_K(x,y,z)^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}_K(x,y,z))} \quad (12)$$

Avec $\mathbf{R} = E[\mathbf{w}_K \mathbf{w}_K^H]$

- 5 • Il faut remarquer que les critères des équations (11) et (12) sont égaux lorsque $\mathbf{R} = \sigma^2 \mathbf{I}$, c'est à dire lorsque les erreurs sont considérées de niveau égal sur tous les capteurs et indépendantes entre capteurs. Le critère $L_K(x,y,z)$ de l'équation (12) est donc valable pour un bruit de modèle \mathbf{w}_K de statistiques blanches.
- 10 • Les critères $L_K(x,y,z)$ et $L_K'(x,y,z)$ sont compris entre 0 et 1 et vérifient $L_K(x,y,z) = L_K'(x,y,z) = 1$ pour la position (x_m, y_m, z_m) du $m^{\text{ième}}$ émetteur. Cette normalisation permet de fixer un seuil de bonne localisation η . Ainsi tous les maximums (x_m, y_m, z_m) de $L_K(x,y,z)$ qui vérifient $L_K(x_m, y_m, z_m) > \eta$ sont considérés comme des bonnes localisations. Le seuil peut être fixé en

12

fonction d'une connaissance approchée des statistiques de \mathbf{w}_K .

- Les critères $L_K(x,y,z)$ et $L'_K(x,y,z)$ ont l'avantage de pouvoir mettre en œuvre une technique de localisation en présence d'un réseau de capteurs calibrés dans l'espace (θ, Δ) . Sachant qu'à l'instant t_k on connaît la relation analytique liant l'incidence $(\theta(t_k, x, y, z), \Delta(t_k, x, y, z))$ de l'émetteur à sa position (x, y, z) , on peut alors déduire à partir de l'incidence $(\theta(t_k, x, y, z), \Delta(t_k, x, y, z))$ le vecteur $\mathbf{a}(t_k, x_m, y_m, z_m) = \mathbf{a}(\theta(t_k, x, y, z), \Delta(t_k, x, y, z))$ en réalisant une interpolation de la table de calibration (relative aux antennes calibrées). Remarquons cependant que ce procédé est insensible à un biais en phase (en raison du critère de corrélation vectorielle).

- Ces critères permettent aussi de tenir compte de la phase et de l'amplitude des composantes de $\mathbf{a}(\theta, \Delta)$. La méthode peut donc être envisagée avec des réseaux à antennes colocalisées à diversité de diagramme.

Il faut remarquer que dans un contexte aéroporté la connaissance de l'altitude h de l'avion permet de réduire le calcul du critère dans l'espace de recherche (x, y) en posant $z=h$. Dans l'exemple des équations (6) et (10) le vecteur $\mathbf{v}_K(x, y, z)$ s'écrit de la manière suivante :

$$\mathbf{v}_K(x, y, z) = \begin{bmatrix} \exp\left(j2\pi \frac{d}{\lambda} \cos(\theta(t_1, x, y, z)) \cos(\Delta(t_1, x, y, z))\right) \\ \vdots \\ \exp\left(j2\pi \frac{d}{\lambda} \cos(\theta(t_K, x, y, z)) \cos(\Delta(t_K, x, y, z))\right) \end{bmatrix} \quad (13)$$

Dans ce procédé il est possible d'envisager d'initialiser l'algorithme à $K=K_0$ puis ensuite de calculer de façon récursive le critère $L_K(x, y, z)$. Dans ces conditions $L_K(x, y, z)$ se calcule récursivement de la façon suivante :

$$L_{K+1}(x, y, z) = \frac{|\alpha_{K+1}(x, y, z)|^2}{\beta_{K+1} \gamma_{K+1}(x, y, z)} \quad (14)$$

où

13

$$\alpha_{K+1}(x,y,z) = \alpha_K(x,y,z) + \mathbf{b}_{K+1\ m}^H \mathbf{b}(t_{K+1}, x, y, z)$$

$$\gamma_{K+1}(x,y,z) = \gamma_K(x,y,z) + \mathbf{b}(t_{K+1}, x, y, z)^H \mathbf{b}(t_{K+1}, x, y, z)$$

$$\beta_{K+1} = \beta_K + \mathbf{b}_{K+1\ m}^H \mathbf{b}_{K+1\ m}$$

Les coefficients $\alpha_{K+1}(x,y,z) = \alpha_K(x,y,z)$, $\gamma_{K+1}(x,y,z) = \gamma_K(x,y,z)$, $\beta_{K+1} = \beta_K$ sont des spectres intermédiaires permettant de calculer $L_{K+1}(x,y,z)$.

Lorsque les vecteurs $\mathbf{b}(t_{K+1}, x, y, z)$ et \mathbf{b}_{km} sont de normes constantes égale à ρ la relation de récurrence de l'équation (14) devient :

$$L_{K+1}(x,y,z) = \frac{|\alpha_{K+1}(x,y,z)|^2}{\beta^2 (K+1)^2} \quad (15)$$

où

$$\alpha_{K+1}(x,y,z) = \alpha_K(x,y,z) + \mathbf{b}_{K+1\ m}^H \mathbf{b}(t_{K+1}, x, y, z)$$

- 5 Le procédé est décrit jusqu'ici en supposant que les émetteurs ont des positions fixes. Il peut facilement s'étendre au cas de cibles mobiles de vecteur vitesse (v_{xm}, v_{ym}, v_{zm}) pour lesquelles on dispose d'un modèle d'évolution. Dans ces conditions l'incidence du $m^{\text{ième}}$ émetteur se paramétrise de la manière suivante :

$$\theta_{km} = \theta(t_k, x_m - v_{xm} t_k, y_m - v_{ym} t_k, z_m - v_{zm} t_k) \quad (16)$$

$$\text{et } \Delta_{km} = \Delta(t_k, x_m - v_{xm} t_k, y_m - v_{ym} t_k, z_m - v_{zm} t_k)$$

- 10 où (x_m, y_m, z_m) est la position de l'émetteur à l'instant t_0 et (v_{xm}, v_{ym}, v_{zm}) les composantes de la vitesse de l'émetteur à l'instant t_0 . Dans ces conditions le vecteur \mathbf{b}_{km} de l'équation (9) est paramétré par (x_m, y_m, z_m) et (v_{xm}, v_{ym}, v_{zm}) de la manière suivante :

$$\mathbf{b}_{km} = \mathbf{b}(t_k, x_m, y_m, z_m, v_{xm}, v_{ym}, v_{zm}) + \mathbf{w}_{km} \quad (17)$$

De manière naturelle les critères de localisation L_K et L_K' des

14

équations (11) et (12) ne sont plus paramétrés seulement par (x,y,z) mais aussi par (v_x,v_y,v_z) . Le procédé consiste donc à maximiser le critère $L_K(x,y,z, v_x,v_y,v_z)$ en fonctions des 6 paramètres (x,y,z, v_x,v_y,v_z) .

Le procédé peut s'appliquer à un très grand nombre de mesures.

- 5 Dans ce cas, le procédé comporte une étape de réduction de la complexité numérique de calcul (qui est fonction du nombre de mesures) en diminuant K . Le procédé prévoit d'effectuer sur les mesures élémentaires les traitements suivants :

- décimation des instants t_k , en éliminant les instants voisins pour lesquels
10 l'évolution de la courbe $\beta_m(t_k)$ n'est pas significative,
- filtrage (lissage des mesures qui sont les vecteurs directeurs) et sous échantillonnage,
- les mesures sont ensuite fusionnées sur une durée définie (extraction par association de vecteur directeur pour produire une mesure de synthèse).

15 **Récapitulation des étapes du procédé**

Le procédé de localisation de plusieurs émetteurs utilisant K instants t_k peut se résumer par les étapes suivantes :

- Etape n°1 :** Identification des vecteurs a_{km} pour $(1 \leq m \leq M)$ aux K instants t_k en appliquant par exemple une technique de séparation de sources et
20 d'identification de sources comme décrit dans les références [2] [3].

Etape n°2 : Association des vecteurs a_{1m} jusqu'à a_{Km} obtenus aux instants respectifs $t_1 \dots t_K$ associé au $m^{\text{ième}}$ émetteur pour $1 \leq m \leq M$ en appliquant les étapes ASE-1 jusqu'à ASE-5 décrit ci-dessus.

Etape n°3 : Initialisation du processus à $m=1$

- 25 **Etape n°4 :** Transformation des K vecteurs a_{km} en des vecteurs b_{km} comme le suggère l'équation (9).

Etape n°5 : Calcul et maximisation du critère $L_K(x,y,z)$ de l'équation (11) pour obtenir la position (x_m, y_m, z_m) du $m^{\text{ième}}$ émetteur.

15

Etape n°6 : Incrémentation $m \leftarrow m+1$ et si $m < M$ retour à l'étape n°3

Afin d'affiner l'estimation de la position (x_m, y_m, z_m) des émetteurs les étapes du procédé peuvent être réalisées de façon itérative de la manière suivante :

Etape n°7 : Identification des vecteurs \mathbf{b}_i pour $(1 \leq i \leq M)$ à l'instant t_{k+1} en
 5 appliquant par exemple une technique de séparation et d'identification de sources comme décrit dans les références [2] [3].

Etape n°8 : Pour $1 \leq m \leq M$ détermination des indices $i(m)$ en appliquant l'équation (4) et en utilisant le vecteur \mathbf{a}_{km} et les vecteurs \mathbf{b}_i pour $(1 \leq i \leq M)$.

Etape n°9 : Pour $1 \leq m \leq M$ est effectué l'opération $\mathbf{a}_{K+1 m} = \mathbf{b}_{i(m)}$

10 **Etape n°10 :** Pour $1 \leq m \leq M$ calcul du critère $L_{K+1}(x, y, z)$ de façon itérative en utilisant les équations (14) et (15) et minimisation de $L_{K+1}(x, y, z)$ pour obtenir la position (x_m, y_m, z_m) du $m^{\text{ième}}$ émetteur.

Etape n°11 : Si l'on décide de continuer pour être plus précis et moins ambiguë le procédé retourne à l'étape n°7.

15

Exemple de mise en œuvre du procédé

Les simulations ont été réalisées avec un réseau de $N=2$ capteurs alignés dans l'axe du porteur avec $d/\lambda=3$. Comme $d/\lambda=3$ une méthode effectuant une goniométrie aux instants t_k serait complètement ambiguë et ne
 20 permettrait pas de faire par la suite des triangulations pour effectuer la localisation de l'émetteur. Sur les figures 5, 6 et 7 correspondant aux critères de localisation pour $K=3, 7$ et 16 est tracé le pseudo-spectre $L_K(x, y)$ à maximiser permettant de déterminer la position de l'émetteur dans l'espace (x, y) . Sachant que si l'émetteur se situe en (x_0, y_0) alors $L_K(x_0, y_0)=1$, on en
 25 déduit que les courbes iso-niveaux $L_K(x, y)=0.99$ caractérisent la largeur du lobe principale. Remarquant que la précision de localisation dépend de la largeur de ce lobe, on en déduit d'après les figures 5, 6 et 7 que plus K est important et meilleur sera la précision de localisation.

Références

- [1] RO.SCHMIDT. *A signal subspace approach to multiple emitter location and spectral estimation*, November 1981
- [2] J.F. CARDOSO, A. SOULOUMIAC, Blind beamforming for non-gaussian signals, *IEE Proceedings-F*, Vol.140, N°6, pp. 362-370, Dec. 1993.
- [3] P. COMON, Independent Component Analysis, a new concept?, *Signal Processing*, Elsevier, avril 1994, vol 36, n°3, pp 287-314.

REVENDICATIONS

1 - Procédé de localisation d'un ou de plusieurs sources, la ou lesdites
 5 sources étant en mouvement par rapport à un réseau de capteurs, le procédé comportant une étape de séparation des sources afin d'identifier les vecteurs directeurs associés à la réponse des capteurs à une source d'incidence donnée, caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

- 10
- associer les vecteurs directeurs $a_{1m} \dots a_{km}$ obtenus pour le $m^{\text{ième}}$ émetteur et respectivement pour les instants $t_1 \dots t_k$,
 - localiser le $m^{\text{ième}}$ émetteur à partir des vecteurs $a_{1m} \dots a_{km}$ associés.

2 - Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'étape
 15 d'association comporte au moins les étapes suivantes :

Etape ASE – 1 : initialiser le processus à $k=2$,

Etape ASE – 2 : pour $1 \leq m \leq M$ déterminer les indices $i(m)$ en utilisant la relation $d(a_{km}, b_{i(m)}) = \min_{1 \leq i \leq M} [d(a_{km}, b_i)]$, le vecteur $a_{k,m}$ et les vecteurs b_i

identifiés à l'instant t_{k+1} pour $(1 \leq i \leq M)$, établir une fonction $\beta_m(t_k) = d(a_{km}, a_{om})$

20 **Etape ASE – 3** : pour $1 \leq m \leq M$ effectuer l'opération $a_{k+1 m} = b_{i(m)}$,

Etape ASE – 4 : incrémenter $k \leftarrow k+1$ et si $k < K$ retourner à l'étape ASE-1,

Etape ASE – 5 : à partir de la famille d'instants $\Phi = \{ t_1 < \dots < t_K \}$, ainsi obtenue, extraire les instants t_i qui n'appartiennent pas à une zone définie par la courbe $\beta_m(t_k)$ et une zone de tolérance.

25

3 - Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'étape de localisation comporte au moins les étapes suivantes :

maximiser un critère de corrélation vectorielle normalisé $L_k(x, y, z)$ dans l'espace (x, y, z) de position d'un émetteur avec

18

$$L_K(x,y,z) = \frac{|\mathbf{b}_K^H \mathbf{v}_K(x,y,z)|^2}{(\mathbf{b}_K^H \mathbf{b}_K)(\mathbf{v}_K(x,y,z)^H \mathbf{v}_K(x,y,z))}$$

Avec

$$\mathbf{b}_K = \begin{bmatrix} \mathbf{b}_{1m} \\ \vdots \\ \mathbf{b}_{Km} \end{bmatrix} = \mathbf{v}_K(x_m, y_m, z_m) + \mathbf{w}_K, \quad \mathbf{v}_K(x,y,z) = \begin{bmatrix} \mathbf{b}(t_1, x, y, z) \\ \vdots \\ \mathbf{b}(t_K, x, y, z) \end{bmatrix}$$

$$\text{et } \mathbf{w}_K = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{1m} \\ \vdots \\ \mathbf{w}_{Km} \end{bmatrix}$$

5 où \mathbf{w}_K est le vecteur bruit pour toutes les positions (x, y, z) d'un émetteur.

4 - Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce que le vecteur \mathbf{b}_K comporte un vecteur représentatif du bruit dont les composantes sont fonctions des composantes des vecteurs $\mathbf{a}_{1m} \dots \mathbf{a}_{Km}$.

10

5 - Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce qu'il comporte une étape où l'on détermine la matrice de covariance $\mathbf{R} = E[\mathbf{w}_K \mathbf{w}_K^H]$ du vecteur bruit et en ce que l'on maximise le critère

$$L'_K(x,y,z) = \frac{|\mathbf{b}_K^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}_K(x,y,z)|^2}{(\mathbf{b}_K^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{b}_K)(\mathbf{v}_K(x,y,z)^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{v}_K(x,y,z))}$$

15 6 - Procédé selon la revendication 5 caractérisé en ce que l'évaluation du critère $L_K(x,y,z)$ et/ou du critère $L'_K(x,y,z)$ est récursive.

7 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 6 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de comparaison des maximums avec une valeur seuil.

20

19

8 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 7 caractérisé en ce que la valeur de K est initialement fixée à K_0 .

9 - Procédé selon l'une des revendications 1 à 8 caractérisé en ce que les émetteurs à localiser sont mobiles et en ce que le vecteur considéré est paramétré par la position de l'émetteur à localiser et le vecteur vitesse.

1/3

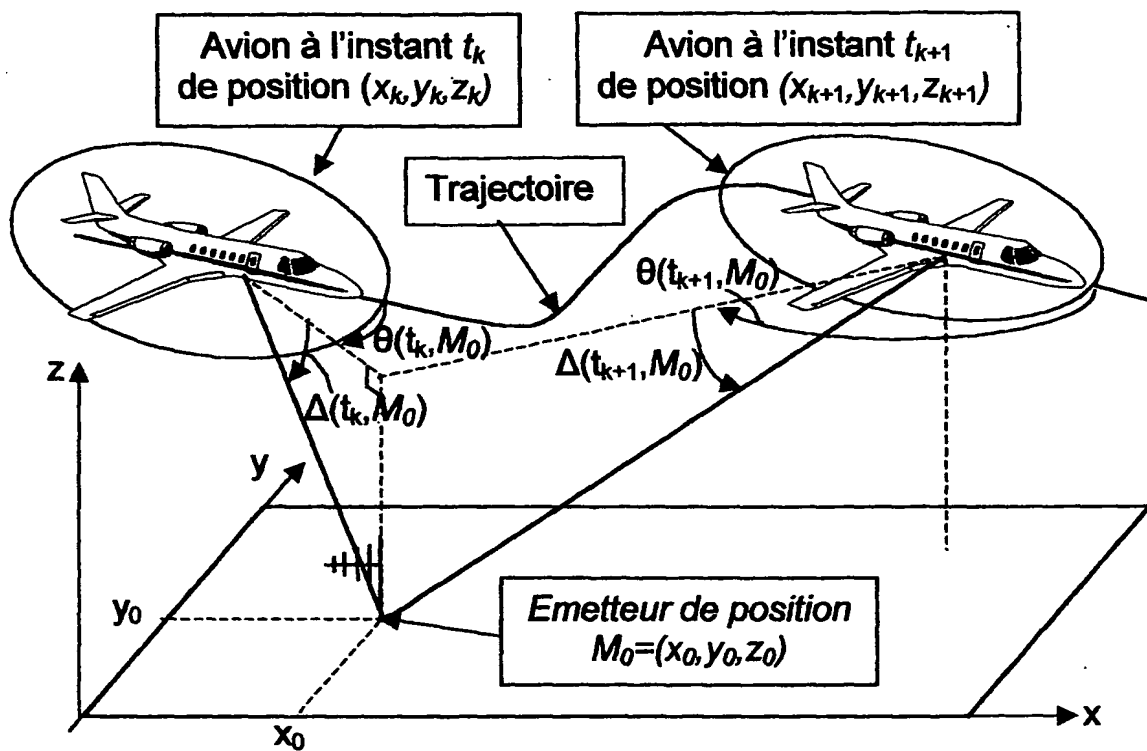


FIG.1

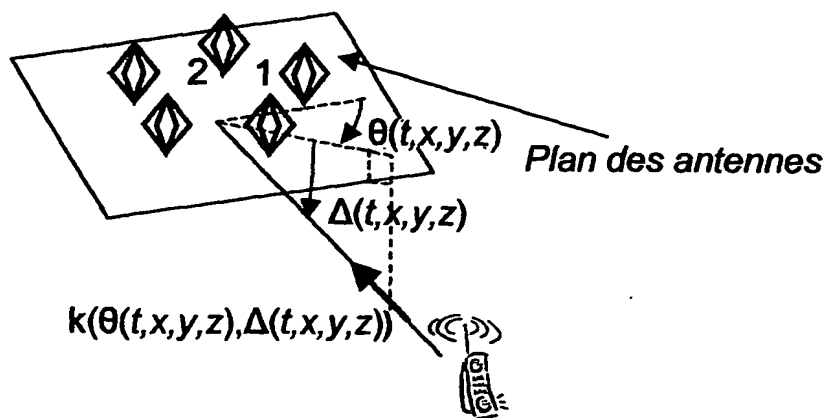


FIG.2

2/3

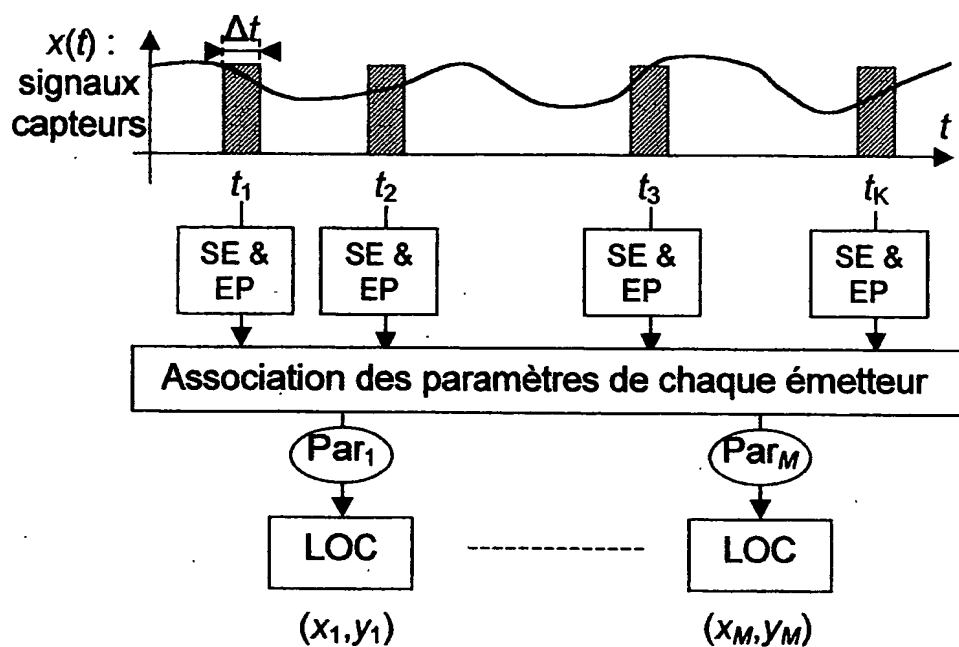


FIG.3

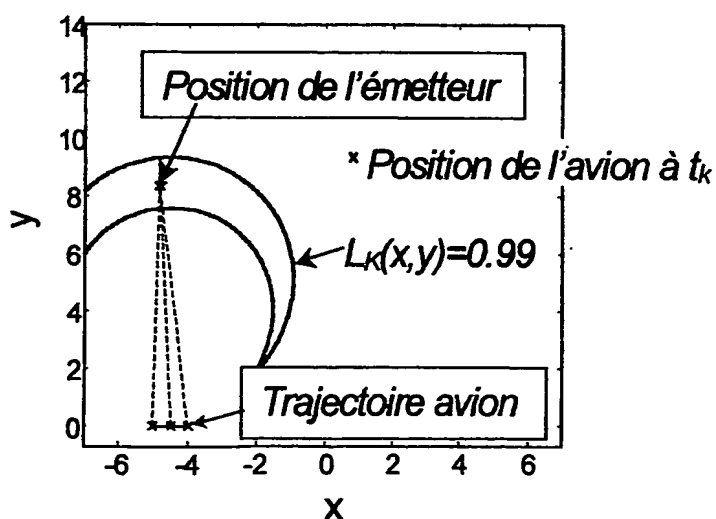


FIG.4

3/3

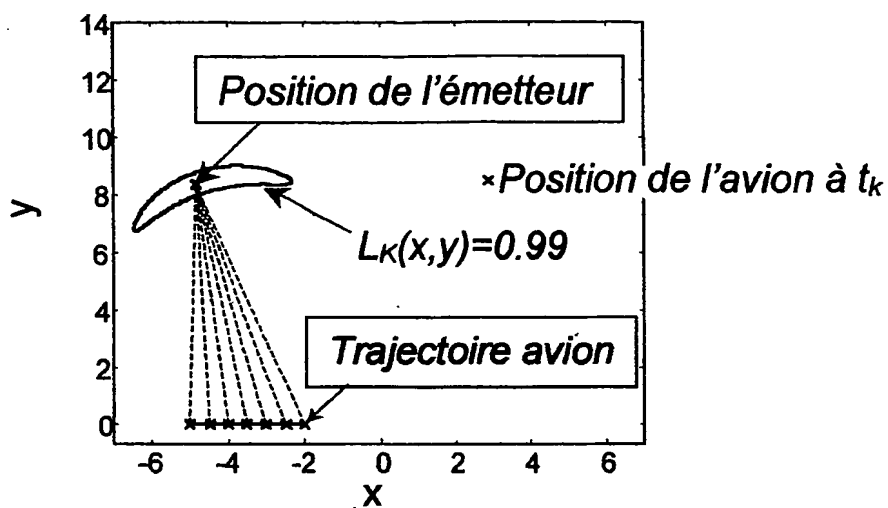


FIG.5

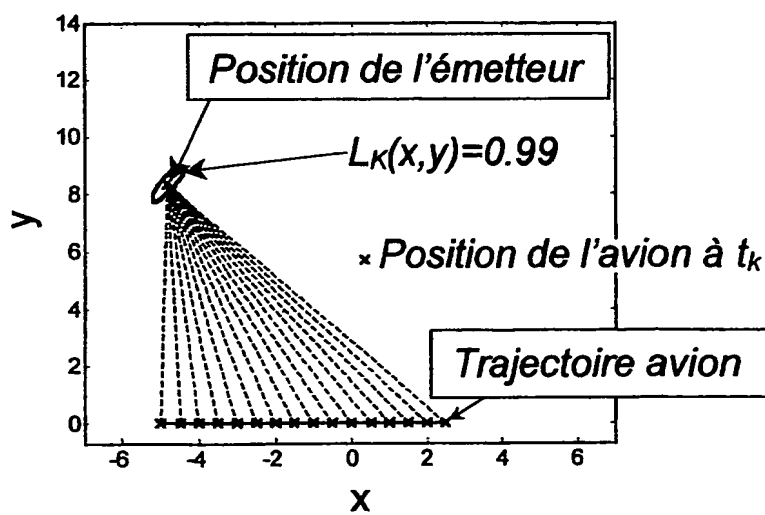


FIG.6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP2004/052736

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01S13/93 G01S5/02 G01S3/74 G01S3/80 G01S3/46

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	SHEINVALD J ET AL: "Localization of multiple sources with moving arrays" ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING, 1997. ICASSP-97., 1997 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MUNICH, GERMANY 21-24 APRIL 1997, LOS ALAMITOS, CA, USA, IEEE COMPUT. SOC, US, 21 April 1997 (1997-04-21), pages 3521-3524, XP010226559 ISBN: 0-8186-7919-0 abstract page 3522, column 1 -----	1,2



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 February 2005

Date of mailing of the international search report

26. 04. 2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P. B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl,
Fax. (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Hirsch, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2004/052736

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

see supplemental sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1 (in part) , 2

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

The International Searching Authority has determined that this international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

- 1. Claims 1 (in part) and 2
Step for associating direction vectors.**
- 2. Claims 1 (in part) and 3-9
Step for locating emitters.**

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/EP2004/052736

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE CIB 7 G01S13/93 G01S5/02 G01S3/74 G01S3/80 G01S3/46		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) CIB 7 G01S		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	SHEINVALD J ET AL: "Localization of multiple sources with moving arrays" ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING, 1997. ICASSP-97., 1997 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON MUNICH, GERMANY 21-24 APRIL 1997, LOS ALAMITOS, CA, USA, IEEE COMPUT. SOC, US, 21 avril 1997 (1997-04-21), pages 3521-3524, XP010226559 ISBN: 0-8186-7919-0 abrégé page 3522, colonne 1 -----	1,2
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents <input type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent, l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 28 février 2005		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 26. 04. 2005
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P B 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel (+31-70) 340-2040, Tx 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Hirsch, S

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/EP2004/052736

Cadre II Observations – lorsqu'il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (suite du point 2 de la première feuille)

Conformément à l'article 17.2)a), certaines revendications n'ont pas fait l'objet d'une recherche pour les motifs suivants:

1. ☐ Les revendications n^{os} se rapportent à un objet à l'égard duquel l'administration n'est pas tenue de procéder à la recherche, à savoir:
2. ☐ Les revendications n^{os} se rapportent à des parties de la demande internationale qui ne remplissent pas suffisamment les conditions prescrites pour qu'une recherche significative puisse être effectuée, en particulier:
3. ☐ Les revendications n^{os} sont des revendications dépendantes et ne sont pas rédigées conformément aux dispositions de la deuxième et de la troisième phrases de la règle 6.4.a).

Cadre III Observations – lorsqu'il y a absence d'unité de l'invention (suite du point 3 de la première feuille)

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs inventions dans la demande internationale, à savoir:

voir feuille supplémentaire

1. ☐ Comme toutes les taxes additionnelles ont été payées dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale porte sur toutes les revendications pouvant faire l'objet d'une recherche.
2. ☐ Comme toutes les recherches portant sur les revendications qui s'y prêtaient ont pu être effectuées sans effort particulier justifiant une taxe additionnelle, l'administration n'a sollicité le paiement d'aucune taxe de cette nature.
3. ☐ Comme une partie seulement des taxes additionnelles demandées a été payée dans les délais par le déposant, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur les revendications pour lesquelles les taxes ont été payées, à savoir les revendications n^{os}
4. ☒ Aucune taxe additionnelle demandée n'a été payée dans les délais par le déposant. En conséquence, le présent rapport de recherche internationale ne porte que sur l'invention mentionnée en premier lieu dans les revendications; elle est couverte par les revendications n^{os} 1 (partiellement), 2

Remarque quant à la réserve

- ☐ Les taxes additionnelles étaient accompagnées d'une réserve de la part du déposant.
- ☐ Le paiement des taxes additionnelles n'était assorti d'aucune réserve.

SUITE DES RENSEIGNEMENTS INDICUES SUR PCT/ISA/ 210

L'administration chargée de la recherche internationale a trouvé plusieurs (groupes d') inventions dans la demande internationale, à savoir:

1. revendications: 1 (partiellement), 2

étape d'association des vecteurs directeurs

2. revendications: 1 (partiellement), 3-9

étape de localisation des émetteurs

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.